



ritektra

# PROSIDING

## PENERAPAN IPTEKS DALAM MENDUKUNG PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN



Green City, Green Technology, Kearifan Lokal, Bio Energi,  
Inovasi Teknologi, Penanganan Air

KUPANG

3 AGUSTUS 2017



Host:

Fakultas Teknik

[www.ritektra.unwira.ac.id](http://www.ritektra.unwira.ac.id)

Supported by:

**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL  
RISET DAN TEKNOLOGI TERAPAN KE 7  
(RITEKTRA VII) 2017**

**Penerapan Iptek Dalam Mendukung  
Pembangunan Yang Berkelanjutan**



**PERGURUAN TINGGI PESERTA SEMINAR**



**PERGURUAN TINGGI PENYELENGGARA**



**UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDIRA**

**Alamat: Jl. San Juan, Penfui, Kupang μNTT**  
**Telp. 0380-833395, Fax. 0380-831194**  
**Email: [info@unwira.ac.id](mailto:info@unwira.ac.id)**  
**Website: <http://unwira.ac.id>**

**Diterbitkan oleh:**  
**Program Studi Teknik Arsitektur Fakultas Teknik**  
**Univ. Katolik Widya Mandira, Kupang**  
**[tarsitekturunwira@gmail.com](mailto:tarsitekturunwira@gmail.com)**

**SUSUNAN DEWAN REDAKSI**  
**SEMINAR NASIONAL RISET DAN TEKNOLOGI TERAPAN KE 7**  
**(RITEKTRA VII) 2017**

Diseminarkan pada tanggal 03 Agustus 2017, di Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang

Pelindung	: Rektor UNWIRA
Pengarah	: Dekan Fakultas Teknik UNWIRA
Ketua Panitia	: Ir. Rani Hendrikus, M.S
Sekretaris	: Natalia M. R. Mamulak, ST., MM Reginaldo Ch. Lake, ST., MT
Seksi Makalah	: Ir. Laurensius Lulu, M.M
Seksi Acara	: Yulianti P. Bria, ST., MT Agustinus H. Pattiraja, ST., MT
Editor dan Penata Letak	: Reginaldo Ch. Lake, ST., MT
Desain Sampul	: Gio Architect Studio

Reviewer/Penelaah:

1. Prof. Ir. Antariksa, M.Eng., Ph.D (Univ. Brawijaya, Malang)
2. Prof. Ir. Hadi Sutanto, MMAE., Ph.D (Unika Indonesia Atma Jaya, Jakarta)
3. Dr. A. Tegus Siswantoro (Univ. Atma Jaya, Yogyakarta)
4. Dr. Ir. Rumiati R. Tobing, MT (Unika. Parahyangan, Bandung)
5. Ir. A. Y. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D (Univ. Atma Jaya, Yogyakarta)
6. Dr. Lydia Sari, ST., MT (Unika Indonesia Atma Jaya, Jakarta)
7. Lianly Rompis, ST., MITS (Unika De La Salle, Manado)

Topik Makalah:

- a. Green City
- b. Green Technology
- c. Kearifan Lokal
- d. Bio Energy
- e. Inovasi Teknologi
- f. Penanganan Air

ISBN 978-602-50244-0-5

©Agustus 2017

Diterbitkan oleh:

Program Studi Teknik Arsitektur

Fakultas Teknik

Univ. Katolik Widya Mandira, Kupang

[tarsitekturunwira@gmail.com](mailto:tarsitekturunwira@gmail.com)

[www.unwira.ac.id](http://www.unwira.ac.id)

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL JUDUL</b> .....	i
<b>SUSUNAN DEWAN REDAKSI</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>SAMBUTAN KETUA PANITIA</b> .....	iv
<b>SUSUNAN ACARA SEMINAR NASIONAL</b> .....	v
<b>JADWAL SESI PARAREL KELOMPOK 1</b>	
Bidang Kajian Teknik Arsitektur .....	vi
<b>JADWAL SESI PARAREL KELOMPOK 2</b>	
Bidang Kajian Teknik Elektro .....	vii
<b>JADWAL SESI PARAREL KELOMPOK 3</b>	
Bidang Kajian Teknik Industri dan Kimia .....	viii
<b>JADWAL SESI PARAREL KELOMPOK 4</b>	
Bidang Kajian Teknik Informatika dan Mesin .....	ix
<b>JADWAL SESI PARAREL KELOMPOK 5</b>	
Bidang Kajian Teknik Sipil .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi

### PEMAKALAH UTAMA

<b>1. <i>Technopreneurship</i>, Penerapan Iptek dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan</b>	
Richardus Eko Indrajit .....	1
<b>2. Bioenergi sebagai Alternatif Energi Berkelanjutan</b>	
<b>Studi Eksperimen pada Bahan Bakar Diesel</b>	
Hadi Sutanto .....	7
<b>3. Pemanfaatan Limbah Industri sebagai Material Konstruksi (<i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> untuk Pembuatan Bata <i>Paving</i> Mutu Tinggi)</b>	
Djwantoro Hardjito .....	15
<b>4. <i>Cellulose Nanocrystal as Drug Delivery Carrier</i></b>	
Suryadi Ismadji .....	19

### KELOMPOK 1: BIDANG KAJIAN TEKNIK ARSITEKTUR

<b>5. Identifikasi Pola Tata Ruang Rumah Produktif Batik di Lasem, Jawa Tengah</b>	
Etty R. Kridarso, Rumiati R. Tobing .....	23
<b>6. Pemanfaatan Ruang Publik untuk Peningkatan Pendapatan Pedagang Informal pada Ruas Jalan Circunvalacao Acadiru Hun Dili</b>	
Ludovino Chang, Paulus Bawole .....	31
<b>7. Partisipasi Masyarakat Berpenghasilan Rendah dalam Mengembangkan Permukiman Kampung Kota</b>	
Paulus Bawole, Haryati B. Sutanto .....	41
<b>8. Metode Pendekatan Desain Menurut Henry Bergson dan Gilbert Ryle Terhadap Arsitektur Dekonstruksi</b>	
Reginaldo Ch. Lake .....	51
<b>9. Interseksi Kultural pada Karakteristik Fisik Hunian di Sulawesi Utara</b>	
Valeri Theresia Woy, Uras Siahaan, Rumiati R. Tobing .....	57

<b>10. <i>Continuity and Change</i> di Desa Kaenbaun</b> Y. Djarot Purbadi .....	69
<b>11. Ruang Publik dan Elemen Ruang Kota Kupang</b> Yoseph Liem .....	83

## KELOMPOK 2: BIDANG KAJIAN TEKNIK ELEKTRO

<b>12. Desain Sistem Penerangan Ruang Laboratorium yang Efisien dalam Pemakaian Energi</b> Andrew Joewono, Rasional Sitepu, Peter R. Angka .....	93
<b>13. PH Meter 16 Bit Terkompensasi Suhu dengan Kalibrasi Otomatis Berbasis Arduino Uno</b> Christian Oei, Widya Andyardja, Lanny Agustine, Yulianti, Peter R. Angka, Albert Gunadhi .....	103
<b>14. Peran Visualisasi Olahraga Terhadap Respon Tubuh</b> Diana Lestariningsih, Mayasari Hugeng .....	115
<b>15. Analisis Frekuensi Sinyal Sirine Menggunakan Spectrogram</b> Djoko Untoro Suwarno .....	125
<b>16. Pengambilan Data Kendaraan Lewat OBD-II (<i>On Board Diagnostic II</i>) dengan Komputer untuk Analisa Lanjutan</b> Hartono Pranjoto, Lanny Agustine, Kevin Julian .....	133
<b>17. Metode <i>Queue</i> untuk Pengaturan Bit Rate pada Router Mikrotik</b> Henra Ceisario, Theresia Ghazali .....	141
<b>18. Alat Pengontrol dan Pemantau Lampu Penerangan dengan Menggunakan Android</b> Heribertus Hargo D. R., Diana Lestariningsih, Albert Gunadhi, Hartono Pranjoto, Widya Andyardja, Lanny Agustine .....	151
<b>19. Penggunaan Pasta Gigi sebagai Bahan Alternatif untuk Suvenir atau Pewangi Lemari</b> Lianly Rompis, Max Alexander Rura Patras, Benny Max Lumi .....	163
<b>20. Analisis Intensitas Cahaya Lampu Berwarna dalam Ruangan Putih pada Prodi. Teknik Elektro UAJM</b> Limbran Sampebatu, Syahir Mahmud .....	173
<b>21. Analisis Serapan Daya Listrik pada Dinding Ruangan Berwarna</b> Syahir Mahmud, Limbran Sampebatu, Winda Zamara .....	181
<b>22. Robot Soccer Beroda Berbasis Raspberry PI</b> Tjendro, Fendish Cakrawala Stiefanus, Stievanus Damaityas Fajar .....	193
<b>23. Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna Pengupasan Kulit Ari Kacang Koro Pedang (<i>Canavalia Ensiformis</i>)</b> Yulianti, Hadi Sutanto .....	203

## KELOMPOK 3: BIDANG KAJIAN TEKNIK INDUSTRI DAN KIMIA

<b>24. Penentuan Strategi <i>Digital Marketing</i> sebagai Teknik Komunikasi yang Efektif</b> Alvin Yustian, Dian Retno Sari Dewi .....	213
<b>25. Evaluasi Kebutuhan Pengguna pada Rancangan Lemari Penyimpanan Alat Permainan untuk Taman Kanak-kanak dengan Metode <i>Quality Function Deployment</i></b> Chandra Dewi K., Luciana Triani Dewi .....	225

<b>26. Efek Penggunaan Monomer dalam Sintesa Pupuk CRF Berbasis Kopolimer Pati Ganyong</b>	
Judy Retti B. Witono, Ega Edwin Pratama .....	237
<b>27. Perancangan Alat Pemindah Besi Lonjoran dari Truk ke Gudang</b>	
Julius Mulyono, Hadi Santosa, Emanuel Rionaldo .....	247
<b>28. Perancangan Alat Bantu Angkat Barang dengan Pendekatan Ergonomi untuk PT. X</b>	
Nicolaus Raymond Reynaldo, Hadi Santosa, Julius Mulyono .....	259
<b>29. Implementasi <i>Lean Manufacturing</i> di Industri Plastik</b>	
Patrick Alexander Wijanarko, Ig. Jaka Mulyana, Julius Mulyono .....	273
<b>30. Solusi Persamaan Linear Dinamis pada Fisika Termodinamika dengan Menggunakan Metode Eliminasi Metris (EM)</b>	
Stephanus Ivan Goenawan .....	283
<b>31. Bio-Oil dari Proses Pirolisis Buah Pinus sebagai Bahan Bakar Alternatif</b>	
Suratno Lourentius .....	291
<b>32. Pengaruh Faktor Frekuensi Suara, Intensitas Suara dan Tipe Gaya Belajar Terhadap Ketepatan Hasil Pengukuran</b>	
Verawati Hartanto, Martinus Edy Sianto, Luh Juni Asrini .....	301
<b>33. Pengaruh Beban Kerja Mental Terhadap Kinerja Karyawan Dengan Kepuasan Kerja Sebagai Variabel Mediasi</b>	
Wibawa Prasetya, Crescensia Calista .....	311
<b>34. Pengambilan Tanin dari Buah Maja (<i>Aegle Marmelos</i>) dengan Metode <i>Soxhlet</i>, Ekstraksi Refluks dan <i>Microwave Assisted Extraction</i> (MAE)</b>	
Yohanes Sudaryono .....	327
<b>KELOMPOK 4: BIDANG KAJIAN TEKNIK INFORMATIKA DAN MESIN</b>	
<b>35. Komparasi Korelasi <i>Manning</i> dan <i>Hazen-Williams</i> pada Perhitungan Kerugian <i>Head</i> Jaringan Perpipaan Air Bersih</b>	
Achilleus Hermawan Astyanto .....	337
<b>36. Rancang Ulang Pemompaan Pompa Hidram untuk Mengurangi Rugi-rugi Percabangan</b>	
Aloysius Krisna Askinda Putra, Dwiseno Wihadi .....	345
<b>37. Prediksi Kemacetan Lalu Lintas Menggunakan Metode <i>Graph</i></b>	
Apriandy Angdresey .....	353
<b>38. Material Komposit Polimer untuk Konstruksi di Indonesia</b>	
Djoko Setyanto .....	359
<b>39. Rancang Bangun <i>Mal Biodigester Type Fixed Dome</i> sebagai Alat untuk Mempercepat Pembangunan Instalasi Pengolahan Limbah Ternak Menjadi Energi Terbarukan (Biogas)</b>	
Frederik Palallo .....	369
<b>40. Karakteristik Geomembran HDPE sebagai Rumah Biogas</b>	
Ignatius Rio Christy Bagaskara, Budi Setyahandana .....	377
<b>41. Studi Eksperimen Pengaruh Temperatur Udara Luar dan Kecepatan Angin Melintasi Kondensor Terhadap Kinerja Mesin Pendingin</b>	
Jeri Tangalajuk Siang, Febri Yanto, Heru Sawati .....	387
<b>42. Pengaruh Perubahan Panjang Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin dengan R290</b>	
Jeri Tangalajuk Siang, Inong Oskar, Heru Sawati, Febri Yanto .....	397



<b>43. Penentuan Prioritas Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Website Unika De La Salle Manado dengan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i></b>	
Junaidy B. Sanger .....	405
<b>44. Sistem Informasi Pendataan Anak Santun dan Penyantun pada Program Ayo Sekolah Menggunakan Pendekatan Terstruktur</b>	
N. Tri Suswanto Saptadi, Innocentio Christian .....	413
<b>45. Rancang Bangun Aplikasi Web Launcher pada Kelurahan Nefonaek Berbasis Android</b>	
Suryani A. M. Muskananfola, Patrisius Batarius, Natalia Magdalena R. Mamulak .....	425

#### **KELOMPOK 5: BIDANG KAJIAN TEKNIK SIPIL**

<b>46. Kajian Kawasan Rawan Banjir dan Genangan di Wilayah Kota Kepanjen dalam Persiapan Menjadi Pusat Kota Kabupaten</b>	
Agustinus Haryanto Pattiraja .....	437
<b>47. Analisis Respon <i>In-Elastis</i> Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Kasus <i>Soft Tipe-I.a</i>, Menggunakan Metode Analisis <i>Pushover</i></b>	
Apiet Nyoman Manimakani, Rani Hendrikus .....	453
<b>48. Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah pada Tanah Lunak, Studi Kasus Proyek Batching Plant Riau</b>	
Budijanto Widjaja, Kenneth Dwi Kurniawan .....	465
<b>49. Studi Perubahan Volume Tanah Lempung Bobonaro Terhadap Kuat Dukung Perkerasan Jalan</b>	
Eduardo Amaral Vong .....	475
<b>50. Evaluasi Kinerja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Beton Bertulang dengan Menggunakan <i>Pushover Analysis</i></b>	
Fredrikus Lay Berkh Mans, Rani Hendrikus .....	487
<b>51. Upaya Peningkatan Produktivitas: Studi Kasus pada Kontraktor Indonesia</b>	
Harijanto Setiawan .....	499
<b>52. Penerapan Rekayasa Nilai pada Sebuah Proyek Bangunan Gedung</b>	
Peter F. Kaming, Wulram I. Ervianto, Levin Wibowo .....	507
<b>53. Optimalisasi Penggunaan Air Irigasi pada Daerah Irigasi Soa di Kabupaten Ngada</b>	
Priseila Pentewati, Christine Derty Hadi .....	517
<b>54. Kajian Sistem Infrastruktur Terintegrasi dalam Mencapai Kota Hijau Berdasarkan Pendekatan Pembangunan Berkelanjutan</b>	
Wulram I. Ervianto .....	525
<b>55. Studi Karakteristik Aspal Porus yang Menggunakan Material Daur Ulang Aspal Beton</b>	
Yuada Rumengan .....	533

## **KOMPARASI KORELASI MANNING DAN HAZEN-WILLIAMS PADA PERHITUNGAN KERUGIAN HEAD JARINGAN PERPIPAAN AIR BERSIH**

**Achilleus Hermawan Astyanto**

*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma*

*Kampus III Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55284*

*Telp. (0274) 883037*

*E-mail: [achil.herma@usd.ac.id](mailto:achil.herma@usd.ac.id)*

### **ABSTRAK**

Perancangan jaringan perpipaan air bersih melibatkan bidang ilmu hidrodinamika. Pada salah satu aplikasinya, air bersih didistribusikan dari satu titik ke banyak titik secara simultan menggunakan jaringan perpipaan paralel. Penyelesaian manual hidrodinamika jaringan perpipaan yang melibatkan perhitungan besaran debit aliran dan kerugian head ini relatif rumit karena melibatkan prosedur perhitungan iteratif. Makalah ini menyajikan metode iteratif penyelesaian persoalan hidrodinamika jaringan perpipaan paralel untuk mendistribusikan air bersih dari satu titik sumber ke beberapa titik suplai. Korelasi Manning digunakan sebagai model untuk mengkonversi debit aliran ke kerugian head aliran air, sedangkan dalam penyelesaiannya digunakan protokol Newton-Raphson pada aplikasi add-on Microsoft Excel 2010. Validasi hasil perhitungan dilakukan melalui mekanisme komparasi hasil yang diperoleh terhadap hasil simulasi menggunakan model berbasis formulasi Hazen-Williams. Hasil kajian memperlihatkan bahwa model Manning menghasilkan deviasi di bawah 1 % terhadap model validasi untuk debit aliran pada suatu skema jaringan perpipaan paralel sederhana 4 loop. Sementara itu, nilai deviasi lebih besar diperoleh dalam perhitungan kerugian head.

**Kata Kunci:** kerugian head, korelasi manning, korelasi Hazen-Williams, metode-Raphson

### **ABSTRACT**

*A water pipeline design involves hydrodynamics analysis. In its implementation, amount of water can be distributed from a source to some other sinks. Furthermore, since a manual solution is difficult to utilize, an iterative solution is assessed. This study aims to solve a simple scheme water pipeline with 4 closed loops to distribute amount of water from a source to some other sinks. A specific head loss correlation namely Manning equation is assessed as the model, meanwhile the Newton-Raphson iteration by Microsoft Excel 2010 adds-on engaged the solution. The result is compared toward other head loss correlation namely Hazen-Williams equation. The result shows a deviation up to 1 % for the volumetric flow rate, meanwhile the head loss gives a higher nominal.*

**Keywords:** head loss, manning correlation, Hazen-Williams correlation, newton-Raphson method

### **PENDAHULUAN**

Berbagai mekanisme dikembangkan untuk mentransmisikan serta mendistribusikan fluida dari suatu tempat ke tempat-tempat lain, seperti dengan moda transportasi; kereta api, kapal tanker, dan truk tangki ataupun melalui skema jaringan perpipaan. Dari cara-cara tersebut, penggunaan jaringan perpipaan memberikan keunggulan berupa suplai debit aliran yang teratur serta keamanan yang relatif dapat dikontrol dengan baik.

Perancangan jaringan perpipaan air bersih melibatkan, salah satunya, bidang ilmu hidrodinamika. Cabang ilmu mekanika fluida yang mencermati pergerakan aliran fluida ini memungkinkan insinyur perpipaan dapat mengkalkulasikan kerugian tekanan yang terjadi untuk selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter menentukan tenaga pompa yang diperlukan.

Dalam realita, aplikasi penerapan ilmu hidrodinamika dapat dijumpai pada mekanisme pendistribusian air bersih menggunakan jaringan perpipaan paralel. Salah satu skema yang umum digunakan adalah air bersih didistribusikan dari 1 titik sumber ke beberapa titik suplai, contohnya adalah mekanisme



distribusi air bersih Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Secara umum, dari 1 tangki, air bersih didistribusikan ke titik-titik rumah tangga.

Solusi penyelesaian perhitungan kerugian head pada skema jaringan paralel ini rumit dilakukan secara manual. Metode yang umum dan dikembangkan adalah melalui mekanisme perhitungan iteratif. Ada beberapa metode perhitungan iteratif yang umum diaplikasikan dalam penyelesaian jaringan perpipaan paralel, antara lain metode *Successive Substitution*, metode Hardy Cross dan metode Newton-Raphson.

### **Tinjauan Pustaka**

Haman dan Brameller (1971) mengembangkan metode hibrid solusi persamaan debit dan head simultan. Komparasi penjabaran metode yang dihasilkan menunjukkan bahwa dalam analisis jaringan perpipaan, solusi berbasis analisa loop menghasilkan karakteristik konvergensi yang lebih baik. Dengan mengimplementasikan teori sistem elektrik, metode tersebut mengkombinasikan formulasi nodal dan loop menjadi suatu metode hibrid yang efisien.

Arsene dkk (2004) mengembangkan simulasi jaringan perpipaan untuk mendistribusikan fluida satu fasa cair. Investigasi implikasi dari persamaan-persamaan loop serta estimasi keadaan yang digunakan terhadap efektifitas algoritma dijadikan basis pemodelan simulasi. Hasil simulasi mengindikasikan penggunaan persamaan loop dalam analisis dapat mencegah diskontinuitas kontrol elemen hidraulik. Brkic (2011) menyajikan studi komparatif efektifitas beberapa metode penyelesaian iteratif jaringan perpipaan. Efisiensi pencapaian konvergensi hasil perhitungan digunakan sebagai basis kriteria. Dengan mengkomparasikan metode Hardy Cross yang telah dimodifikasi, metode Andrijahshev dan metode Nodal-Loop diperoleh performa yang berimbang ketika diaplikasikan pada jaringan perpipaan sederhana 3 loop. Namun, secara keseluruhan, efektivitas karakteristik konvergensi yang stabil mampu dihasilkan oleh metode Hardy Cross.

Hermawan dkk (2014) melakukan analisa hidraulik pada suatu skema jaringan perpipaan paralel sederhana untuk mendistribusikan fluida cair. Korelasi Hazen-Williams digunakan sebagai model untuk mengkonversi debit aliran ke penurunan tekanan fluida, sementara itu solusi iteratif Hardy Cross digunakan sebagai teknik penyelesaian persamaan-persamaan keadaan yang dimodelkan berbasis kontinuitas aliran, kontinuitas potensial serta keseimbangan massa titik sumber dan titik-titik suplai.

Hermawan dkk (2015) juga mengkaji studi hidrodinamika jaringan perpipaan berbasis suatu korelasi aliran 2 fasa menggunakan protokol penyelesaian Newton-Raphson. Model yang diturunkan diaplikasikan pada suatu jaringan perpipaan sederhana untuk mendistribusikan fluida 1 fasa cair. Hasilnya divalidasi melalui simulasi berbasis persamaan aliran 1 fasa cair. Deviasi yang didapat adalah kurang dari 5% untuk laju aliran massa yang terjadi pada skema jaringan sederhana dengan 4 loop tertutup.

### **Metodologi Penelitian**

Alur penelitian makalah ini ditunjukkan di gambar 1. Pemodelan berbasis suatu persamaan debit aliran dan kerugian head dimaksudkan untuk menyusun model penyelesaian persoalan. Sementara itu, evaluasi model dilakukan dengan mengaplikasikan perhitungan pada suatu skema jaringan perpipaan paralel seperti ditunjukkan di gambar 2.

Hasil yang diperoleh selanjutnya dikomparasikan terhadap hasil yang diperoleh dengan menggunakan persamaan lain dengan metode penyelesaian serupa. Suatu formulasi lain yang juga umum diaplikasikan dalam perhitungan kerugian head fluida cair digunakan sebagai basis model dalam komparasi ini.

Penyelesaian perhitungan hidrodinamika jaringan perpipaan meliputi perhitungan debit aliran dan kerugian head. Ada beberapa formulasi yang umum digunakan untuk mengkonversi debit aliran ke kerugian head, yaitu persamaan Darcy-Weisbach, persamaan Hazen-Williams dan Persamaan Manning. Persamaan Darcy-Weisbach dapat diaplikasikan pada fluida cair serta gas berkecepatan rendah, sedangkan persamaan Hazen-Williams dan Manning hanya digunakan pada fluida cair.

Korelasi Manning yang umum diaplikasikan pada perhitungan debit aliran serta kerugian head aliran fluida cair pada saluran terbuka menyatakan bahwa debit aliran fluida membentuk relasi non-linear dengan kerugian head dan dinyatakan:

$$Q @ \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} \left| \frac{h_L}{L} \right|^{\frac{1}{2}} \frac{A}{\hat{Q}} \quad (1)$$

dengan:

$Q$  menunjukkan debit aliran ( $m^3/s$ )

$n$  merujuk pada koefisien Manning yang nilainya tergantung pada material pipa (tak berdimensi)

$A$  merepresentasikan luas penampang melintang pipa ( $m^2$ )

$R$  merupakan radius hidraulik (m)

$L$  adalah panjang pipa (m)

$h_L$  menunjukkan kerugian head (m of water)

Sementara itu, korelasi Hazen-Williams yang umum diaplikasikan pada perhitungan debit aliran serta kerugian head aliran fluida cair pada pipa menyatakan bahwa debit aliran fluida membentuk relasi non-linear dengan kerugian head dan dituliskan:

$$Q @ 0,2785CD^{2,63} \left| \frac{h_L}{L} \right|^{0,54} \frac{A}{\hat{Q}} \quad (1)$$

dengan:

$C$  adalah koefisien kekasaran pipa yang nilainya tergantung pada material pipa (tak berdimensi)

$D$  merupakan diameter dalam pipa (m)



Gambar 1. Alur penelitian

Untuk memodelkan suatu persoalan hidrodinamika jaringan perpipaan, tiga aturan dasar yang mendeskripsikan persamaan keadaan dapat diterapkan. Persamaan-persamaan keadaan tersebut meliputi kontinuitas aliran, kontinuitas potensial serta keseimbangan massa pada titik sumber dan titik-titik suplai.

Kontinuitas aliran menekankan bahwa debit aliran yang masuk dan keluar pada tiap titik adalah sama dan dituliskan:

$$\hat{1} \dot{m}_{in} @ \hat{1} \dot{m}_{out} \quad (2)$$

Kontinuitas potensial berarti bahwa pada suatu loop tertutup jumlah total penurunan tekanan adalah 0 dan dinyatakan:

$$\hat{1} Gp @ 0 \quad (3)$$

Keseimbangan massa menyatakan bahwa jumlah massa titik sumber adalah sama dengan jumlah massa total titik-titik suplai dituliskan:

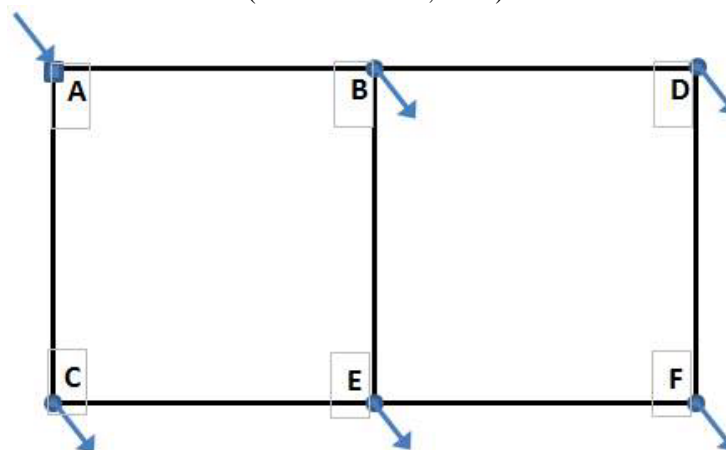
$$\hat{1} \dot{m}_{inlet} @ \hat{1} \dot{m}_{outlet} \quad (4)$$

Pada kasus fluida inkompresibel, serta menggunakan 1 titik sumber dan beberapa titik suplai, keseimbangan massa dapat diturunkan menjadi keseimbangan debit aliran, dan dituliskan:

$$Q_{sumber} @ \hat{1} Q_{suplai} \quad (5)$$

Sifat fisis air	Nilai
Densitas pada 30 °C (kg/m <sup>3</sup> )	996
Tegangan permukaan (kg/s <sup>2</sup> )	71.97×10 <sup>-3</sup>
Viskositas Dinamik pada 30 °C (kg/m. s)	7.97×10 <sup>-4</sup>

**Tabel 1. Sifat fisis air pada temperatur kamar**  
(Sumber: Menon, 2005)



**Gambar 2. Skema jaringan paralel**

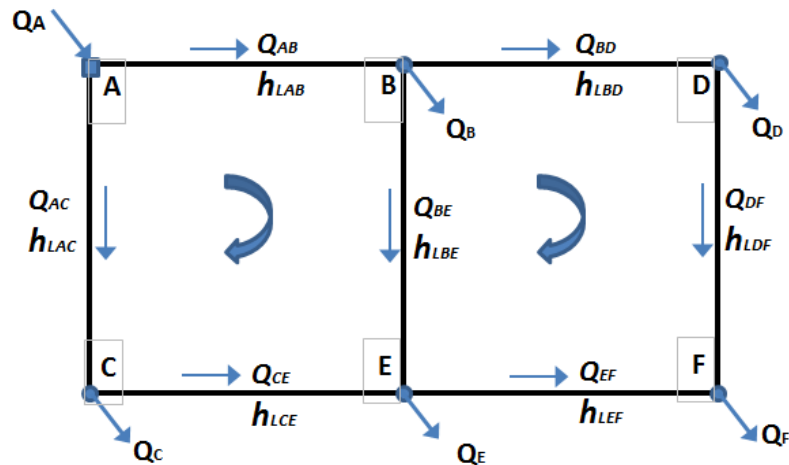
Tabel 2 menyajikan nilai sifat fisis fluida yang digunakan dalam simulasi, sementara itu Gambar 2 adalah skema jaringan perpipaan paralel sederhana yang digunakan untuk mengevaluasi model yang telah diturunkan. Pada skema ini terdapat 1 titik sumber yaitu titik A serta 5 titik suplai yaitu B, C, D, dan E. Jumlah segmen pipa yang akan dievaluasi adalah 7 segmen yaitu AB, AC, BD, BE, CE, DF dan EF. Jenis pipa yang digunakan adalah *Polivinil Chloride* (PVC) dengan geometri seperti ditunjukkan di tabel 2.

Segmen pipa	Ukuran nominal	Diameter internal (mm)	Panjang (m)
AB	3" sch. 40	77.927	10
AC	3" sch. 40	77.927	12
BD	2" sch. 40	52.502	10
BE	2" sch. 40	52.502	12
CE	2" sch. 40	52.502	12
DF	1-½" sch. 40	40.894	12
EF	1-½" sch. 40	40.894	10

**Tabel 2. Dimensi pipa yang digunakan**  
(Sumber: Menon, 2005)

## PEMBAHASAN

Kondisi batas skema jaringan perpipaan ditunjukkan pada Gambar 3. Air dari 1 titik sumber dialirkan ke titik A. Dari titik A, melalui percabangan pipa AB dan AC, air mengalir ke titik B dan C. Dari titik B, sebagian debit aliran digunakan untuk suplai, dan melalui percabangan pipa BD dan BE, air mengalir ke titik D dan E. Sementara itu dari titik C, sebagian debit aliran difungsikan untuk suplai sedangkan sisanya mengalir ke titik E. Dari titik D, sebagian debit aliran digunakan untuk suplai, dan melalui pipa DF air mengalir ke titik F. Sementara itu dari titik E, sebagian debit aliran digunakan untuk suplai, sedangkan sisanya mengalir melalui pipa EF ke titik F. Dua loop tertutup searah jarum jam digunakan sebagai dasar untuk menyusun persamaan kontinuitas potensial.



**Gambar 3. Kondisi batas jaringan perpipaan**

Dari persamaan keseimbangan massa total diperoleh fungsi f1

$$f_1: Q_A, Q_B, Q_C, Q_D, Q_E, Q_F, @ 0 \quad (6)$$

Dari persamaan kontinuitas aliran tiap titik diperoleh fungsi f2 sampai fungsi f7

$$f_2: Q_A, Q_{AB}, Q_{AC}, @ 0 \quad (7)$$

$$f_3: Q_{AB}, Q_{BE}, Q_B, @ 0 \quad (8)$$

$$f_4: Q_{AC}, Q_{CE}, Q_C, @ 0 \quad (9)$$

$$f_5: Q_{BD}, Q_{DF}, Q_D, @ 0 \quad (10)$$

$$f_6: Q_{BE}, Q_{CE}, Q_{EF}, Q_E, @ 0 \quad (11)$$

$$f_7: Q_{DF}, Q_{EF}, Q_F, @ 0 \quad (12)$$

Dari persamaan potensial pada loop diperoleh fungsi f8 dan f9

$$f_8 \cdot h_{LAB}, h_{LBF}, h_{LAC}, h_{LCE} \text{ @ } 0 \quad (13)$$

$$f_9 \cdot h_{LBD}, h_{LDF}, h_{LAE}, h_{LEF} \text{ @ } 0 \quad (14)$$

Dari formulasi Manning diperoleh fungsi f10 sampai f16

$$f_{10} \cdot Q_{AB}, h_{LAB} \text{ @ } 0 \quad (15)$$

$$f_{11} \cdot Q_{AC}, h_{LAC} \text{ @ } 0 \quad (16)$$

$$f_{12} \cdot Q_{BD}, h_{LBD} \text{ @ } 0 \quad (17)$$

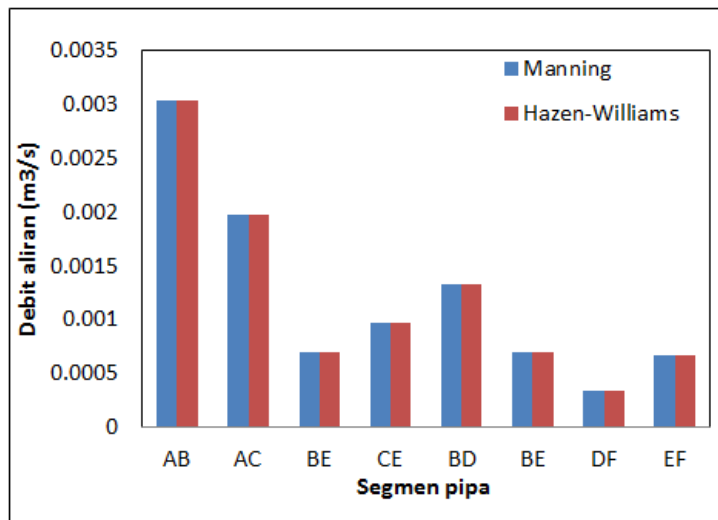
$$f_{13} \cdot Q_{BE}, h_{LBE} \text{ @ } 0 \quad (18)$$

$$f_{14} \cdot Q_{CE}, h_{LCE} \text{ @ } 0 \quad (19)$$

$$f_{15} \cdot Q_{DF}, h_{LDF} \text{ @ } 0 \quad (20)$$

$$f_{16} \cdot Q_{EF}, h_{LEF} \text{ @ } 0 \quad (21)$$

Suatu skenario simulasi sederhana dilakukan. Pada simulasi ini, debit air yang direncanakan adalah 10 liter/menit untuk masing-masing titik suplai. Dengan demikian, untuk 6 titik suplai, debit total yang harus dialirkan dari titik sumber adalah 60 liter/menit.

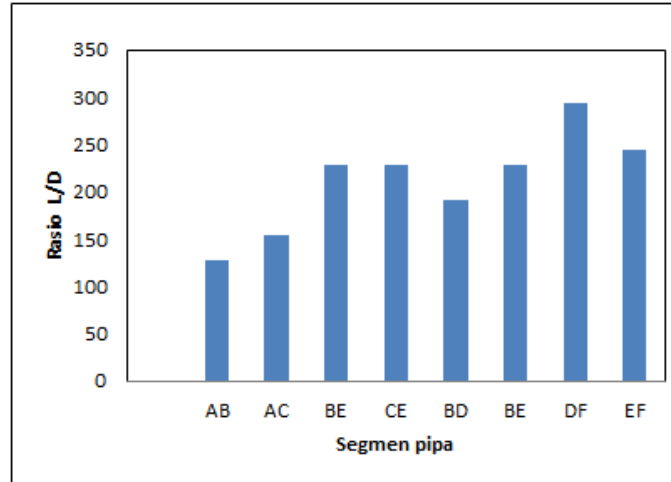


Gambar 4. Deviasi pada debit aliran

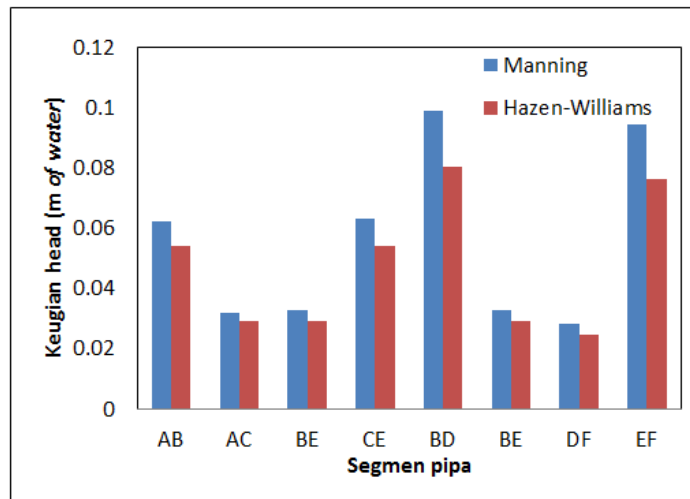
Segmen	Debit aliran ( $m^3/s$ )		Deviasi (%)
	Manning	Hazen-Williams	
AB	0.003029	0.003029	0.00679
AC	0.001971	0.001971	0.010431
BE	0.000697	0.000698	0.110658
CE	0.000971	0.000971	0.021168
BD	0.001332	0.001331	0.073457
BE	0.000697	0.000698	0.110658
DF	0.000332	0.000331	0.295445
EF	0.000668	0.000669	0.146115

Tabel 3. Deviasi hasil perhitungan debit aliran

Tabel 3 menunjukkan nilai deviasi debit aliran yang terjadi. Nilai deviasi terendah di bawah 0,1% diperoleh pada segmen pipa AB, sementara nilai deviasi tertinggi mencapai 0,3% pada segmen pipa DF. Pada saat yang sama, segmen pipa AB juga rasio panjang terhadap diameter pipa ( $L/D$ ) yang juga paling rendah diantara segmen pipa lainnya. Sementara itu, segmen pipa DF memberikan rasio  $L/D$  yang tertinggi.



Gambar 5. Rasio  $L/D$  pada tiap segmen pipa



Gambar 6. Deviasi kerugian head,  $h_L$

Segmen pipa	$h_L$ (m of water)		Deviasi (%)
	Manning	Hazen-Williams	
AB	0.062407	0.053952	15.67083
AC	0.031722	0.029235	8.505428
BE	0.032563	0.029214	11.46291
CE	0.063248	0.053931	17.27564
BD	0.099118	0.080513	23.108



BE	0.032563	0.029214	11.46291
DF	0.027998	0.024787	12.95435
EF	0.094554	0.076086	24.27145

**Tabel 4. Deviasi hasil perhitungan kerugian head,  $h_L$**

Tabel 4 menunjukkan nilai deviasi kerugian head yang dihasilkan. Nilai deviasi kerugian head terendah dan tertinggi mencapai masing-masing 9% pada segmen pipa AC dan 25% pada segmen pipa EF.

## KESIMPULAN

Hidrodinamika jaringan perpipaan paralel sederhana 4 loop telah disajikan dalam makalah ini. Model yang digunakan adalah formulasi Manning untuk mengkonversi debit aliran ke kerugian head, sedangkan untuk penyelesaiannya digunakan protokol Newton-Raphson. Hasil simulasi yang diperoleh dikomparasikan dengan model simulasi berbasis korelasi Hazen-Williams. Hasil menunjukkan bahwa nilai deviasi yang terjadi mencapai 0.3% untuk debit aliran air. Sementara itu, deviasi kerugian head yang terjadi menunjukkan nilai yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsene, C.T.C., Bargiela, A. & Al-Dabass, D. 2004. Modelling and simulation of water systems based on loop equations. *International Journal of Simulation*, 5(1-2): 61-72.
- Brkic, D. 2011. Iterative Methods for Looped Network Pipeline Calculation. *Journal of Water Resour Manage*, 25:2951-2987.
- Cross, H. 1936. Analysis of flow in networks of conduits or conductors. *University of Illinois: Engineering Experiment Station*, 286: 3-29.
- Ekinci, O. & Konak, H. 2009. An Optimization Strategy for Water Distribution Networks. *Journal of Water Resour Manage*. 23: 169-185.
- Hamam, Y.M. & Brameller, A. 1971. Hybrid method for the solution of piping networks. *Proceeding IEEE*, 118 (11): 1607-1612.
- Hermawan, A., Waluyo, J. & Indarto. 2014. *Analisa Hidraulik Jaringan Perpipaan Menggunakan Metode Hardy Cross*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Teknik Mesin ke 9, Universitas Petra, Surabaya 12 Agustus.
- Hermawan, A., Waluyo, J. & Indarto. 2015. *Analisa Hidraulik Jaringan Perpipaan Berbasis Korelasi Beggs-Brill*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi ke 21, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 1 Juni.
- Menon, E.S. 2005. *Piping Calculation Manual*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Stoecker, W.F. 1989. *Thermal Systems Design*. New York: McGraw-Hill Book Company.